

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-91272
(P2002-91272A)

(43) 公開日 平成14年3月27日 (2002.3.27)

(51) Int.Cl.⁷
G 0 3 H 1/08

識別記号

F I
C 0 3 H 1/08

キーワード (参考)
2 K 0 0 8

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2000-279442 (P2000-279442)

(22) 出願日 平成12年9月14日 (2000.9.14)

(71) 出願人 000003193

凸版印刷株式会社

東京都台東区台東1丁目5番1号

(72) 発明者 高橋 進

東京都台東区台東1丁目5番1号 凸版印刷株式会社内

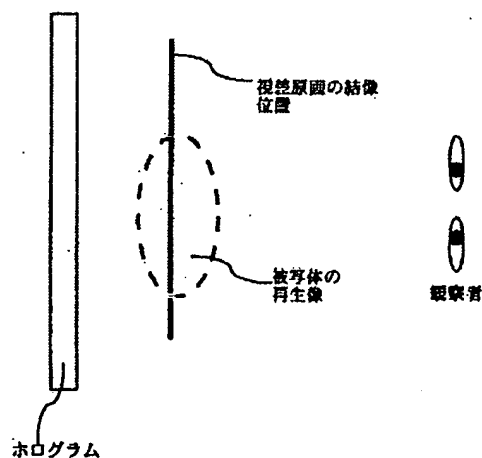
Fターム (参考) 2K008 AA08 BB00 CC00 FF27 GG05

(54) 【発明の名称】 計算機ホログラムおよびその作製方法

(57) 【要約】

【課題】 ホログラフィック・ステレオグラム (HS) の手法を採り入れた計算機ホログラム (CGH) により、立体的な表示パターンを作製する際に、フレネル回折による像のボケを解消し、広い奥行き感を伴って再生表示する。

【解決手段】 ホログラム面に対して前後に奥行き感を伴って視覚される再生像が、各再生像が存在するかのように認識される物体空間内に、結像された視差を持つ平面の少なくとも一部が含まれるようにする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 視差を持つ複数枚の平面原画のそれぞれから、計算機により空間上に視差原画からなる視差を持つ平面を結像する干渉パターンを演算し、その干渉パターンを所定媒体に記録して、ホログラフィック・ステレオグラムのな手法により立体的な表示パターンを記録してなる計算機ホログラムにおいて、

ホログラム面に対して前後に奥行き感を伴って視覚される再生像が、各再生像が存在するかのように認識される物体空間内に、前記結像された視差を持つ平面の少なくとも一部が含まれることを特徴とする計算機ホログラム。

【請求項2】 結像された視差を持つ平面が2枚以上存在することを特徴とする請求項1記載の計算機ホログラム。

【請求項3】 視差を持つ複数枚の原画のそれぞれから、計算機により空間上に視差原画からなる視差を持つ平面を結像する干渉パターンを演算し、その干渉パターンを所定記録媒体に記録して、ホログラフィック・ステレオグラムのな手法により立体的な表示パターンを記録してなる計算機ホログラムの作製方法において、

被写体（3次元物体）を様々な方向に投影することにより得られる、視差を持つ複数枚の原画（視差原画像）を定義するステップと、

視差を持つ平面の位置と、干渉パターンを記録する記録面と、その記録面に入射する参照光を定義するステップと、

その視差原画像を光学的に等価な変換を施すことによって得られる記録面における波面と、定義された参照光の記録面における波面とが干渉してなるパターン（干渉パターン）を演算するステップと、

その干渉パターンを所定媒体に、物理的もしくは化学的に記録するステップ、とを有し、

上記の光学的に等価な変換を施す際、視差を持つ平面の結像位置と記録面とが有限距離であり、かつ視差を持つ平面の結像位置が、表示される各再生像が存在するかのように認識される空間内となるように定義することを特徴とする計算機ホログラムの作製方法。

【請求項4】 記録面に垂直な方向で、位置の異なる視差を持つ平面の位置を定義するステップを備えることを特徴とする請求項3の計算機ホログラムの作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、表示される物体上の各点からの光の波面の情報を、干渉縞の形態で基板上に形成して得られる計算機ホログラムに関する。特に、視差を持つ複数枚の原画それぞれから、計算機により干渉パターンを演算し、その干渉パターンを所定媒体に記録して、立体的な表示パターンを記録してなる計算機ホ

ログラムに関する。

【0002】

【従来の技術】 現在、一般に普及しているホログラムは、実在する3次元物体、あるいは前記物体を多方向から撮影して得られる視差を持つ複数枚の原画（2次元画像）から光学的な手法により物体光を得、感光材料上で（物体光とは別な）参照光と干渉させて、ホログラムとして撮影記録することで、原版が作製されている。

【0003】 撮影記録される被写体が、視差を持つ複数枚の原画（2次元画像）であって、立体（3次元）的な表示パターンを得る方式によるホログラムは、ホログラフィック・ステレオグラム（HS）と呼ばれている。

【0004】 近年、物体光と参照光とを感光材料上で実際に露光干渉させ、その干渉縞をホログラフィックに記録する光学的な手法に代わり、最終的に得られる干渉縞を、コンピュータ上でシミュレーションすることにより得、その干渉縞を感光材料に記録（描画）する方式の「計算機ホログラム」という手法が考案され、実用化されている。

【0005】 計算機ホログラム（CGH；Computer Generated Hologram）は、計算機を用いて、記録する物体上の各点からの光の複素振幅分布を元に、コヒーレントな参照光を加えて干渉縞を計算するなどして、得られた計算結果に基づき、適切に光を回折する機能を有するように、干渉縞を基板（感光材料）上に形成して得られる。

【0006】 計算機ホログラム（以下、CGHと称する）の基板上への形成方法としては、電子ビーム描画装置などの高解像度な描画能力を持つ装置で干渉縞を直接描画する方法や、低解像度な画像出力装置を用いて出力した干渉縞の画像を光学的に縮小記録する方法などが知られている。

【0007】 ここで、干渉縞は2次元パターンとして計算され、基板上に形成される。干渉縞は、形成方法により、基板上での濃度分布（透過率もしくは反射率の分布）、あるいは位相変調量分布（表面上の微小な凹凸の分布や屈折率の分布など）、もしくはこれらの複合した形態となる。

【0008】 このようなCGHに、予め決められた光が入射すると、上述の濃度分布や位相変調量分布が光を回折し、1次回折光により記録した像が再生される。この1次回折光が観察者の眼に入射すると、記録された像が立体像などとして観察できる。

【0009】 実在しない3次元物体を表現する手法として、CG（コンピュータ・グラフィクス）による画像も実用化されているが、3D-CGでは、視差情報のみを表現する場合が多い。立体像の表示を目的とするCGHにおいては、計算量の低減などを目的として、水平方向にのみ視差を持つようにすることが多い。

【0010】 立体像の表示を目的とするCGHにおい

て、ホログラフィック・ステレオグラム（以下、HSと称する）の手法を採り入れる提案が、特開平6-195017号、特開平6-195018号にて報告されている。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】視差情報のみによるCGHでは、表現する3次元物体の「奥行き感」についての表現が、これまでは不十分であった。上記CGHでは、光の強度と方向の情報のみが記録され、光の位相情報は記録されていない。それに起因して、フレネル回折による像のボケが生じ、広い奥行き感を持った像の再生は困難となっていた。

【0012】フレネル回折とはフラウンホーファー回折の対語であり、後者が、入射波も回折波も平面波とみなせる場合の光の回折であり、回折物体（ホログラム）と回折像の複素振幅分布はフーリエ変換の関係で結ばれており、光源と観測点が共役（物体と像の関係）にあれば、同じ回折像ができる。

【0013】HSの手法を採り入れたCGHの場合、図4に示すように、再生時の視差原画像の結像位置が、ホログラム面と一致している場合が多く、ホログラム面から再生像が離れた表示を試みるほど、像にボケが生じる原因となっていた。

【0014】本発明は、HSの手法を採り入れたCGHにより、立体（3次元）的な表示パターンを作製する際に、フレネル回折による像のボケを解消し、広い奥行き

感を伴って再生表示することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記問題点を解決するためになされたものであり、HSの手法を採り入れたCGHにおいて、ホログラム再生時に視差原画像の再生像の結像位置をホログラム面とは異なる位置であり、かつ前記CGHが表示する表示像の存在する範囲内に位置させることで、ホログラム面から離れた位置の再生像でもボケを少なく再生することが可能になる。さらに、再生像の奥行き方向の表示範囲が広い場合でも、複数の視差原画の再生位置を設定し、かつそれぞれの像位置に近い位置に視差原画像の再生位置を配置することで、広い奥行き範囲でボケを低減することが可能になる。

【0016】＜作用＞HSの記録および再生のプロセスは、原画作成→要素ホログラムの露光→ホログラム面から像面までの回折のステップに分けて考えられる。HSの要素ホログラムに記録される画像は、CGの手法で計算され、記録する要素ホログラムの中心を投影中心として物体を視差画像面に対応する面に投影する。ここで、多数の点光源からなる物体 $g(x, y, z)$ を記録する場合を想定する。この時、ホログラム面上の点 (x_i, y_i) に要素ホログラムとして露光する画像 $I(\xi_j, \eta_j)$ は、次のように示すことができる。

【0017】

【数1】

$$I(\xi_j, \eta_j) = \int g\left\{\frac{f}{z}(x_j - \xi_j), \frac{f}{z}(y_j - \eta_j), z\right\} dz \quad (1)$$

【0018】ここで、 f は合成に用いるレンズの焦点距離であり、ホログラムは $z=0$ の位置に z 軸に垂直に置かれているものとする。要素ホログラムは、図5に示すようなフーリエ変換光学系により作製されたと考える。記録されるホログラムは、フーリエ変換型であり、ホロ

グラム面上の複素振幅分布 $p_j(u_j, v_j)$ は、上式を光学的フーリエ変換することによって得られる。

【0019】

【数2】

$$p_j(u_j, v_j) = \exp\left\{j\frac{\pi}{\lambda f}\left(1 - \frac{d}{f}\right)\right\} \iint I(\xi_j, \eta_j) \exp\left\{-j\frac{2\pi}{\lambda f}(\xi_j u_j + \eta_j v_j)\right\} d\xi_j d\eta_j \quad (2)$$

【0020】ここで、 $u_j = x_h - x_j$ 、 $v_j = y_h - y_j$ であり、 (x_h, y_h) はホログラム面の絶対座標、 λ は記録するレーザーの波長、 d は図5に示す視差画像面からレンズまでの距離である。

【0021】次に、このホログラムを再生すると考え

る。このホログラムによる再生像 $q(x, y, z)$ は、フレネル積分によって求められる。

【0022】

【数3】

$$q(x, y, z) = \sum_f \int \left[g \left\{ x - \left(\frac{z'}{z} - 1 \right) x_f, y - \left(\frac{z'}{z} - 1 \right) y_f, z' \right\} \right] \cdot \left[\exp \left\{ -j \frac{\pi}{\lambda z'^2} \left\{ \frac{1}{f} \left(1 - \frac{d}{f} \right) + \frac{1}{z} \right\}^{-1} \left\{ \left[x - \left(\frac{z'}{z} - 1 \right) x_f \right]^2 + \left[y - \left(\frac{z'}{z} - 1 \right) y_f \right]^2 \right\} \right\} \right] dz' \quad (3)$$

$$\frac{\exp(j2\pi z / \lambda)}{j\lambda z} \exp \left\{ j \frac{\pi}{\lambda z} \{ (x - x_f)^2 + (y - y_f)^2 \} \right\}$$

ここで、*は、コンボリューションを示す。

【0023】物体として、 $z = z_0$ にある2次元画像 $g_{z_0}(x, y)$ について考えると、再生光の複素振幅分布は $z = z_0$ の面で、

【0024】
【数4】

$$q(x, y, z_0) = g_{z_0}(x, y) * \exp \left\{ -j \frac{\pi}{\lambda} (x^2 + y^2) \right\} \frac{\exp(j2\pi z_0 / \lambda)}{j\lambda z_0} \sum_f \left[\exp \left\{ -j \frac{\pi}{\lambda z_0} \{ (x - x_f)^2 + (y - y_f)^2 \} \right\} \right] \quad (4)$$

【0025】ここで、 t は下式で表される。

【0026】

【数5】

$$t = z_0^2 \left\{ \frac{1}{f} \left(1 - \frac{d}{f} \right) + \frac{1}{z_0} \right\}$$

【0027】ホログラムが十分に大きく、要素ホログラムの間隔がそれに比べて十分に小さい場合、式(4)の後半の位相項の影響は小さい。このとき、HSからの再生像は、元の2次元物体のフレネル積分の形となっており、再生像は、元の物体が距離 t だけフレネル回折したパターンと等価になり、 t が大きいとこの回折の影響によって像の劣化が生じる。この等価的なフレネル回折の距離 t は、式(5)からもわかるように、物体とホログラム面との距離 z_0 に依存する。

【0028】フレネル回折の影響が0となる $t=0$ は、 $d \neq f$ のときホログラム面と視差を持つ平面像の結像位置に再生される像の場合であり、 $d=f$ のときは、ホログラム面上に再生される像の場合である。

【0029】一般的な計算機ホログラムによるステレオグラムでは、式(2)の前半部分を省略するために、 $d=f$ の場合を用いるため、ボケはホログラム面から離れるほど増えていた。 $d \neq f$ の場合、視差原画の結像位置が有限位置であることを示し、その結像位置では、 $t=0$ となることがわかる。

【0030】本発明では、図1に示すように、視差原画の結像位置が有限位置であり、その位置を再生像の存在する範囲内に存在させている。視差原画の結像位置近辺に表示像が存在するため、そのフレネル回折の影響を小さくすることが可能になり、より高精細な立体像の再生が可能になる(請求項1, 3)。

【0031】図3は、 $f=50\text{mm}$ で、 $d=0, 50, 100\text{mm}$ の場合の、 z と t の絶対値との関係を表したグラフである。通常のHSでは、経験上全般に渡って、ボケの少ない $d=f$ の関係をj用いているが、ホログラム面から離れるほど、ボケ量が大きくなっていることがわかる。例えば、表示する物体が、 $z=50\text{mm}$ の位置近傍に存在する場合、 $d=100\text{mm}$ とすれば、フレネル回折によるボケ量をほぼ0とすることが可能になる。

【0032】また、表示物体位置が、視差原画の結像位置より、奥行き方向に $\pm(f \cdot f / (d - f))$ の範囲であれば、ホログラム面に視差原画の結像面が存在するよりも、ボケが小さいことがわかる。

【0033】また、立体像をデザインする場合、その遠近感を強調するため、主な被写体より奥に背景を配置したり、主な被写体背景と前景を配置する例が多い。この場合、主な被写体の存在する範囲に視差原画の結像位置を配置すれば、主な被写体のボケを防ぐことが可能になる。しかしながら、背景や前景は視差原画の結像位置から離れるため、ボケがフレネル回折が原因のボケが生じることになる。

【0034】そこで、本発明では、図2に示すように、視差原画の結像位置を、表示物体の位置に合わせて複数存在させ、それぞれの表示物体位置の近傍に物体に対応する視差原画を結像することを考案した(請求項2, 4)。つまり、主な被写体と背景を持つ場合、主な被写体近傍と背景近傍の2箇所にそれぞれの物体に対応する視差原画を結像するように配置すればよい。

【0035】同様に、複数の離れた位置の物体を表示する場合、それぞれの物体の近傍に、各物体に対応する視差原画の結像位置を配置すれば良いわけであり、前景や背景のボケを低減することも可能になる。

【0036】このように、複数の視差原画の結像位置を

設定することは、通常のレーザー光による撮影によるホログラムの作製方法では、視差原画の結像位置が変わる度に多重に撮影する必要があり、コントラストが低下してしまう可能性があった。

【0037】本発明では、視差原画の位置毎の干渉縞パターンを重ね合わせは、計算機内で行われるため、像の画質の劣化はほとんど生じない。

【0038】観察者の感じる立体的な情報のほとんどは、視差情報から得られ、位相が持つ情報は、ボケの量として生じるため、視差原画の奥行き毎の枚数は、それほど多くする必要はなく、一般には、主なる被写体と背景と近景の3種類、多くとも5種類ぐらいあれば十分である。この奥行きの種類の少なさがステレオグラムでない一般のホログラムと比較して計算機ホログラムの計算量を少なくすることを可能にしている。

【0039】

【発明の実施の形態】以下、本発明の計算機ホログラムの実施例について説明する。

【0040】まず、被写体の視差原画を作製する。視差原画としては、CGなどを用いても良いし、実際の被写体をカメラ位置を移動したり、被写体を回転したりして撮影しても良い。

【0041】次に、被写体の視差原画を奥行き毎に分解する。一般に、立体的な被写体は、主な物体と背景の2つに分解されたり、主な物体と前景、背景の3つに分解されたりする。このようにして、奥行きの異なる複数の視差原画を作製する。

【0042】次に、HSの要素ホログラムに記録される画像を、各奥行きの視差原画毎に、CGの手法で計算する。これは、記録する要素ホログラムの中心を投影中心として物体を視差画像面に対応する面に投影することによって得られる(式1による)。

【0043】上記で得られた奥行き毎の要素ホログラムに記録する画像をフーリエ変換することにより得られる複素振幅の和をとることで、要素ホログラムに記録する物体光の複素振幅を計算することが出来る(下式6)。この計算は、高速化の可能なフーリエ変換演算の結果同士の和であることから、通常の計算機ホログラムの演算と比較にしてはるかに高速に計算することが可能になる。この複素振幅分布参照光の波面との干渉パターンを計算することで、ホログラム面上のパターンを得ることが可能になる。

【0044】

【数6】

$$p(u, v) = \sum_j \exp \left\{ j \frac{\pi}{\lambda f} \left(1 - \frac{d_j}{f} \right) \right\} \iint I(\xi, \eta) \exp \left\{ -j \frac{2\pi}{\lambda f} (\xi u + \eta v) \right\} d\xi d\eta \quad (6)$$

【0045】このような、計算を全ての要素ホログラム位置で行うことで、計算機ホログラムのパターンの計算が行われる。上記の説明では、水平、上下の2方向の視差を表示する例について示したが、水平方向の視差のみに限定して、計算量を減らしても良い。また、水平方向のみの視差にした場合、レインボウホログラム化することによって白色再生を可能にすることもできる。

【0046】また、上記の説明では、視差画像の結像面は平面であったが、カメラを固定し、被写体を回転して撮影した視差原画を用いる場合には、球面や円柱状の面を切り取ったような形状の方が適している。

【0047】このように計算された計算機ホログラムによるパターンは、さまざまな用法でパターンニングすることが可能になる。例えば、半導体プロセスに用いられるようなEB描画装置を用いたり、高分解能のフィルムプリンターを用いることが出来る。これらのパターンを凹凸の位相ホログラムとして記録した場合、通常のエンボスホログラムに用いられる熱エンボス工程により、安価

で大量に複製することが可能になる。

【0048】また、計算されたホログラムパターンを、音響光学素子や液晶デバイスなど、実時間で変調可能なデバイスで表示することで、動画の立体像を表現することも可能になる。特に、このような計算の高速性が要求される用途においては、本発明の効果は非常に大きい。

【0049】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一例に係る計算機ホログラムの再生時の、表示像と視差原画の結像位置の関係を示す説明図。

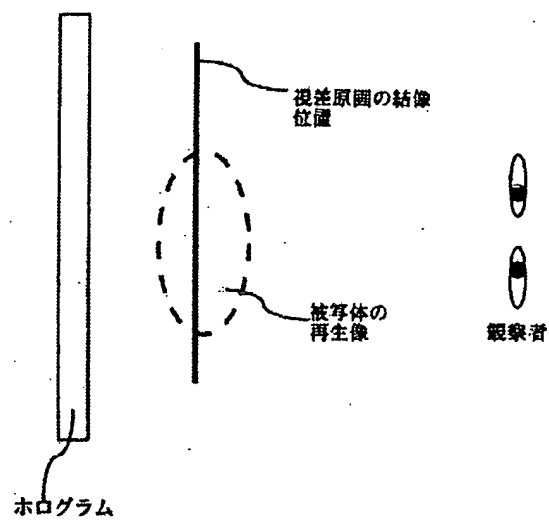
【図2】本発明の他例に係る計算機ホログラムの再生時の、表示像と視差原画の結像位置の関係を示す説明図。

【図3】視差原画の結像位置とフレネル回折の距離の絶対値の関係の一例を表したグラフ。

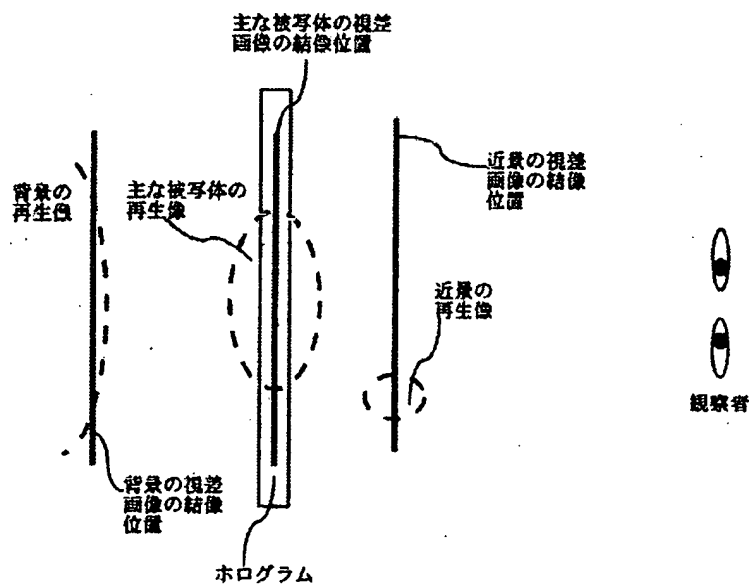
【図4】従来の計算機ホログラムの再生時の、表示像と視差原画の結像位置の関係を示す説明図。

【図5】本発明での要素ホログラムを作製する上での計算と等価な光学系に係る説明図。

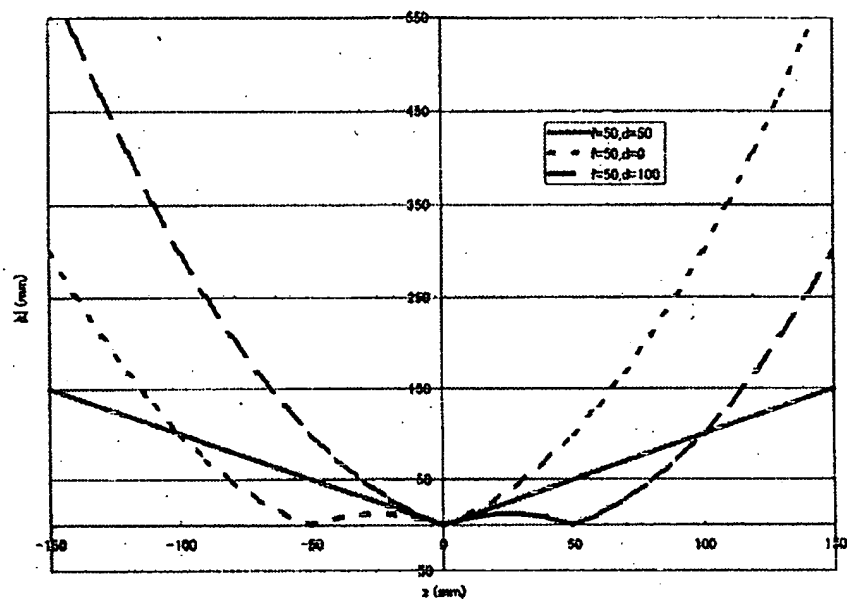
【図1】



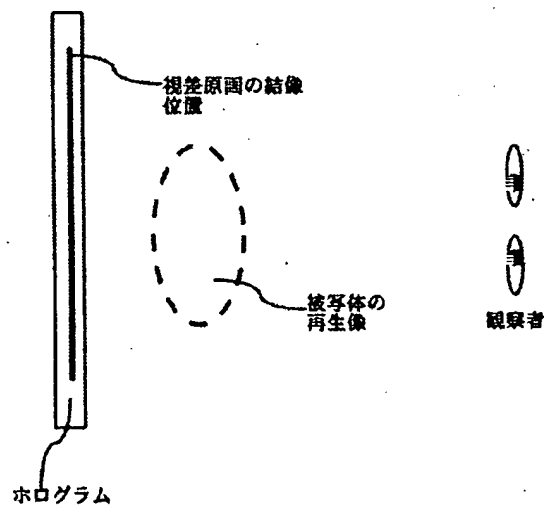
【図2】



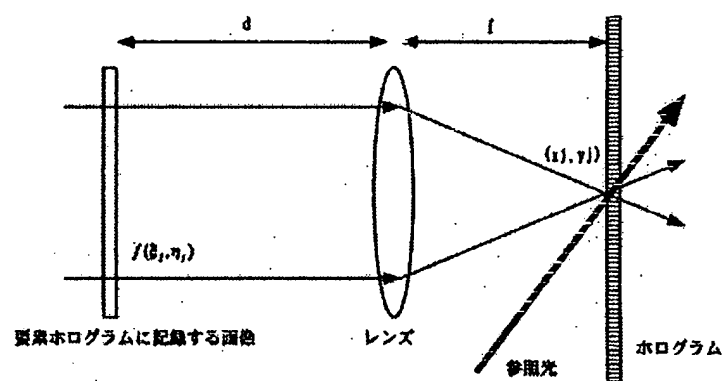
【図3】



【図4】



【図5】



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-091272

(43)Date of publication of application : 27.03.2002

(51)Int.Cl.

G03H 1/08

(21)Application number : 2000-279442

(71)Applicant : TOPPAN PRINTING CO LTD

(22)Date of filing : 14.09.2000

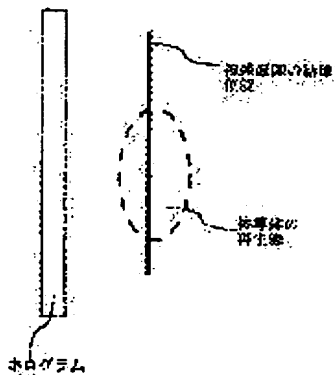
(72)Inventor : TAKAHASHI SUSUMU

(54) COMPUTER HOLOGRAM AND METHOD OF MAKING FOR THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To eliminate the unsharpnes of an image by Fresnel diffraction and to reproduce and display the images accompanied by a broad length feel in making three-dimensional display patterns by a computer hologram (CGH) incorporating a technique of a holographic stereogram(HS).

SOLUTION: At least portions of a plane having the parallaxes formed by imagery are included in an object space where the reproduced images viewed with the depth feel before and behind the hologram plane are recognized as if the respective reproduced images exist.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

17.06.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

*** NOTICES ***

**JPO and NCIP are not responsible for any
damages caused by the use of this translation.**

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] From each of the flat-surface subject copy with parallax of two or more sheets, calculate the interference pattern which carries out image formation of the flat surface with the parallax which consists of a parallax subject copy on space by the computer, and the interference pattern is recorded on a predetermined medium. In the computer hologram which comes to record a three-dimensional display pattern by the holographic stereogram-technique The computer hologram characterized by including a part of flat surface [at least] where the reconstruction image by which vision is carried out with a feeling of depth to a hologram side to order has said parallax by which image formation was carried out in the object space recognized as if each reconstruction image existed.

[Claim 2] The computer hologram according to claim 1 characterized by two or more flat surfaces with the parallax by which image formation was carried out existing.

[Claim 3] From each of the subject copy with parallax of two or more sheets, by the computer, calculate the interference pattern which carries out image formation of the flat surface with the parallax which consists of a parallax subject copy on space by the computer, and the interference pattern is recorded on a predetermined record medium. In the production approach of the computer hologram which comes to record a three-dimensional display pattern by the holographic stereogram-technique The step which defines the subject copy (parallax subject-copy image) with parallax of two or more sheets obtained by projecting a photographic subject (three-dimension body) in the various directions, The location of a flat surface with parallax, the recording surface which records an interference pattern, and the step which defines the reference beam which carries out incidence to the recording surface, The wave front in the recording surface obtained by performing equivalent conversion optically in the parallax subject-copy image, The step which calculates the pattern (interference pattern) in which the wave front in the recording surface of the defined reference beam comes to interfere, The step which records the interference pattern on a predetermined medium physically or chemically, In case it has ** and

equivalent conversion is performed optically [the above], the image formation location and recording surface of a flat surface with parallax are finite distance. And the production approach of the computer hologram characterized by defining it as the image formation location of a flat surface with parallax becoming in the space recognized as if each reconstruction image displayed existed.

[Claim 4] The production approach of the computer hologram of claim 3 characterized by having the step which defines the location of a flat surface with the parallax from which a location differs by the direction vertical to a recording surface.

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the computer hologram which forms the information on the wave front of the light from each point on the body displayed on a substrate with the gestalt of an interference fringe, and is obtained. It is related with the computer hologram which calculates an interference pattern by the computer, records the interference pattern on a predetermined medium from each subject copy of two or more sheets which has parallax especially, and comes to record a three-dimensional display pattern.

[0002]

[Description of the Prior Art] The hologram which has generally spread now obtains body light from the subject copy (two-dimensional image) with the parallax which photos from many the three-dimension body which exists really, or said body, and is acquired of two or more sheets by optical technique, it is made to interfere with a reference beam (for it to be different from body light) on sensitive material, and it is carrying out photography record as a hologram, and the original edition is produced.

[0003] It is the subject copy (two-dimensional image) of two or more sheets in which the photographic subject by which photography record is carried out has parallax, and the hologram by the method which obtains the display pattern like a stereo (three dimension) is called the holographic stereogram (HS).

[0004] Exposure interference of body light and the reference beam is actually carried out on sensitive material in recent years, it obtains by carrying out simulation of the interference fringe obtained eventually on a computer instead of the optical technique of recording the interference fringe on holographic one, and technique of the "computer hologram" of the method which records the interference fringe on sensitive material (drawing) is devised and put in practical use.

[0005] A computer hologram (CGH; Computer Generated Hologram) calculates an interference fringe by adding a coherent reference beam for complex amplitude distribution of the light from

each point on the body to record to origin using a computer, and based on the obtained count result, an interference fringe is formed on a substrate (sensitive material), and it is obtained so that it may have the function which diffracts light appropriately.

[0006] As the formation approach of a up to [the substrate of a computer hologram (CGH is called hereafter)], the approach of carrying out cutback record of the image of the interference fringe outputted using the approach of carrying out direct writing of the interference fringe with equipment with high resolution drawing capacity and low resolution image output units, such as an electron beam exposure system, optically etc. is learned.

[0007] Here, an interference fringe is calculated as a two-dimensional pattern, and is formed on a substrate. An interference fringe serves as concentration distribution (distribution of permeability or a reflection factor) on a substrate, the amount distribution of phase modulations (distribution of the minute irregularity on a front face, distribution of a refractive index, etc.), or these gestalten that were compounded by the formation approach.

[0008] If the light beforehand decided to be such CGH carries out incidence, above-mentioned concentration distribution and the above-mentioned amount distribution of phase modulations will diffract light, and the image recorded by the primary diffracted light will be reproduced. If this primary diffracted light carries out incidence to an observer's eye, the recorded image can observe as a stereoscopic model etc.

[0009] Although the image by CG (computer graphics) is also put in practical use as technique expressing the three-dimension body which does not exist really, in 3D-CG, only parallax information is expressed in many cases. In CGH aiming at the display of a stereoscopic model, it has chisel parallax horizontally for the purpose of reduction of computational complexity etc. in many cases.

[0010] In CGH aiming at the display of a stereoscopic model, the proposal which takes in the technique of a holographic stereogram (HS is called hereafter) is reported by JP,6-195017,A and JP,6-195018,A.

[0011]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] CGH only using parallax information of the expression about "the feeling of depth" of the three-dimension body to express was inadequate until now. In Above CGH, only the information on luminous intensity and a direction is recorded and the topology of light is not recorded. Playback of the image which it originated in it, and dotage of the image by the Fresnel diffraction arose, and had a large feeling of depth was difficult.

[0012] The Fresnel diffraction is the opposite word of the Fraunhofer diffraction, the latter is diffraction of the light in the case of the ability to consider that an incident wave and a diffracted wave are plane waves, and if complex amplitude distribution of a diffraction body (hologram) and a diffraction figure is connected with the relation of the Fourier transform and the light source and a station are in conjugation (relation between a body and an image), the same diffraction figure will be made.

[0013] As shown in drawing 4 $R > 4$ in CGH which took in the technique of HS, it was in agreement with the hologram side in many cases, and the image formation location of the parallax subject-copy image at the time of playback had become the cause which dotage produces in an image, so that it tried the display which the reconstruction image separated from the hologram side.

[0014] By CGH which took in the technique of HS, in case this invention produces the display pattern like a stereo (three dimension), it cancels dotage of the image by the Fresnel diffraction,

and aims at carrying out a repeat display with a large feeling of depth.

[0015]

[Means for Solving the Problem] In CGH which was made in order that this invention might solve the above-mentioned trouble, and took in the technique of HS, it is locating the image-formation location of the reconstruction image of a parallax subject-copy image within limits in which the display image which is the location where hologram sides differ, and said CGH's displays exists at the time of hologram playback, and it becomes possible to reproduce dotage few also by the reconstruction image of a location which is distant from a hologram side. Furthermore, even when the display rectangle of the depth direction of a reconstruction image is wide, it becomes possible to reduce dotage in the large depth range by setting up the playback location of two or more parallax subject copies, and arranging the playback location of a parallax subject-copy image in the location near each image position.

[0016] <Operation> Record of HS and a reproductive process are divided into the step of diffraction from the exposure -> hologram side of a subject-copy creation -> element hologram to the image surface, and are considered. The image recorded on the element hologram of HS is calculated by the technique of CG, and projects a body on the field corresponding to a parallax image side by setting the core of an element hologram to record as a projection core. Here, the case where the body $g(x, y, z)$ which consists of much point light sources is recorded is assumed. At this time, the image $I(x_j, y_j)$ exposed as an element hologram at the point on a hologram side (x_i, y_i) can be shown as follows.

[0017]

[Equation 1]

$$I(x_j, y_j) = \int g \left\{ \frac{f}{z} (x_j - x_i), \frac{f}{z} (y_j - y_i), z \right\} dz$$

[0018] Here, f shall be the focal distance of the lens used for composition, and the hologram shall be put on the location of $z=0$ at right angles to the z -axis. I think that an element hologram is produced by Fourier transform optical system as shown in drawing 5. The hologram recorded is a Fourier transform mold and the complex amplitude distribution $p_j(u_j, v_j)$ on a hologram side is acquired by carrying out the optical Fourier transform of the top type.

[0019]

[Equation 2]

[0020] Here, it is $u_j = x_h - x_j$ and $v_j = y_h - y_j$ and the absolute coordinate of a hologram side, the wavelength of the laser with which λ is recorded, and d of (x_h, y_h) are the distance from the parallax image side shown in drawing 5 to a lens.

[0021] Next, I think that this hologram is reproduced. The reconstruction image q by this hologram (x, y, z) is searched for by the Fresnel integral.

[0022]

[Equation 3]

[0023] As a body, it is $z=z_0$. Considering the existing two-dimensional image $g_{z_0}(x, y)$, complex amplitude distribution of playback light is $z=z_0$. It is a field and is [0024].

[Equation 4]

[0025] Here, t is expressed with a bottom type.

[0026]

[Equation 5]

[0027] A hologram is fully large, and when small enough compared with it, the effect of the phase term in the second half of a formula (4) has small spacing of an element hologram. At this time, the reconstruction image from HS serves as a form of the Fresnel integral of the original two-dimensional body, and the original body becomes the pattern and equivalence which carried out the Fresnel diffraction only of the distance t , and if t of a reconstruction image is large, degradation of an image will produce it under the effect of this diffraction. The distance t of this equivalent Fresnel diffraction is the distance z_0 of a body and a hologram side, as shown also in a formula (5). It depends.

[0028] 0 and $t=0$ becoming are the cases of the image reproduced by the image formation location of a hologram side and a planar image with parallax at the time of $d!=f$, and the effect of the Fresnel diffraction is the case of the image reproduced on a hologram side at the time of $d=f$.

[0029] In the stereogram by the general computer hologram, in order to omit a part for the first portion of a formula (2) and to use the case of $d=f$, dotage was increasing, so that it separated from the hologram side. In $d!=f$, it is shown that the image formation location of a parallax subject copy is a finite location, and it turns out that it is set to $t=0$ in the image formation location.

[0030] The image formation location of a parallax subject copy is a finite location, and the location is made to exist within limits in which a reconstruction image exists in this invention, as shown in drawing 1. Since a display image exists near [image formation location] a parallax subject copy, it becomes possible to make effect of the Fresnel diffraction small, and playback of

a higher definition stereoscopic model is attained (claims 1 and 3).

[0031] Drawing 3 is $f=50\text{mm}$ and is a graph showing relation with the absolute value of z and t in $d=0$ and $50,100\text{ mm}$. In the usual HS, although the relation of $d=f$ with little dotage is used over the experience top at large, it turns out that the amount of dotage is large, so that it separates from a hologram side. For example, when the body to display exists $z=50\text{mm}$ near the location, it becomes possible to set $d=100\text{ mm}$, then the amount of dotage by the Fresnel diffraction to about 0.

[0032] Moreover, if a display body location is the range of $f^2/(d-f)$ in the depth direction from the image formation location of a parallax subject copy, it turns out dotage is small rather than the image formation side of a parallax subject copy exists in a hologram side.

[0033] Moreover, when designing a stereoscopic model, in order to emphasize the depth perception, there are many examples which arrange the photographic subject backgrounds and foregrounds more nearly main than the main photographic subjects in arranging a background at back. In this case, if the image formation location of a parallax subject copy is arranged in the range in which the main photographic subjects exist, it will become possible to prevent dotage of the main photographic subjects. However, in order that a background and a foreground may separate from the image formation location of a parallax subject copy, the dotage whose Fresnel diffraction dotage is the cause will produce them.

[0034] So, in this invention, as shown in drawing 2, it devised recognizing two or more existence of the image formation location of a parallax subject copy according to the location of a display body, and carrying out image formation of the parallax subject copy corresponding to a body near each display body location (claims 2 and 4). That is, what is necessary is just to arrange so that image formation of the parallax subject copy corresponding to each body may be carried out to two places (the background of a near one near [main] the photographic subject) when it has the main photographic subjects and backgrounds.

[0035] When similarly displaying the body of the location which plurality left, near each body, what is necessary is just to arrange the image formation location of the parallax subject copy corresponding to each body, and it also becomes possible to reduce dotage of a foreground and a background.

[0036] Thus, by the production approach of the hologram by photography by the usual laser light, setting up the image formation location of two or more parallax subject copies needed to take a photograph to multiplex, whenever the image formation location of a parallax subject copy changed, and contrast may have fallen.

[0037] In this invention, since superposition of the interference fringe pattern for every location of a parallax subject copy is performed within a computer, degradation of the image quality of an image is hardly produced.

[0038] It is enough if most three-dimensional information which an observer senses is acquired from parallax information, it is not necessary to make [many / so] the number of sheets for every depth of a parallax subject copy since the information which a phase has is produced as an amount of dotage, and there are generally three kinds, the main photographic subjects, backgrounds, and close-range views, and about at most five kinds. It makes it possible for the little of the class of this depth to lessen computational complexity of a computer hologram as compared with the general hologram which is not a stereogram.

[0039]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the example of the computer hologram of this invention is explained.

[0040] First, the parallax subject copy of a photographic subject is produced. As a parallax subject copy, CG etc. may be used, and a camera location may be moved for a actual photographic subject, or a photographic subject may be rotated, and a photograph may be taken.

[0041] Next, the parallax subject copy of a photographic subject is disassembled for every depth. Generally, it is decomposed into two, the main bodies and a background, or a three-dimensional photographic subject is disassembled into three, the main bodies and foregrounds, and a background. Thus, two or more parallax subject copies with which depth differs are produced.

[0042] Next, the image recorded on the element hologram of HS is calculated by the technique of CG for every parallax subject copy of each depth. This is obtained by projecting a body on the field corresponding to a parallax image side by setting the core of an element hologram to record as a projection core (based on a formula 1).

[0043] By taking the sum of the complex amplitude obtained by carrying out the Fourier transform of the image recorded on the element hologram for every depth obtained above, the complex amplitude of body light recorded on an element hologram is calculable (bottom type 6). It becomes possible to carry out this count to the operation and comparison of the usual computer hologram, and to calculate it at a high speed far from it being the sum of comrades as a result of the possible Fourier transform operation of improvement in the speed. By calculating an interference pattern with the wave front of this complex amplitude distribution reference beam, it becomes possible to obtain the pattern on a hologram side.

[0044]

[Equation 6]

[0045] Count of the pattern of a computer hologram is performed by such thing for which count is performed in all element hologram locations. Although the above-mentioned explanation showed the example which displays the parallax of a horizontal and an up-and-down 2-way, it may limit only to horizontal parallax and computational complexity may be reduced. Moreover, when it is made the parallax of a horizontal chisel, white playback can also be enabled by forming a rainbow hologram.

[0046] Moreover, in the above-mentioned explanation, although the image formation side of a parallax image was a flat surface, in using the parallax subject copy which rotated and photoed the photographic subject, the direction of a configuration which cut off the spherical surface and a cylinder-like side is suitable [a camera is fixed, and].

[0047] Thus, it becomes possible to carry out patterning of the pattern by the calculated computer hologram by various direction for use. For example, EB drawing equipment which is used for a semi-conductor process can be used, or the microfilm duplicator of a high resolution can be used. When these patterns are recorded as a concavo-convex phase hologram, it is cheap and the heat embossing process of being used for the usual embossing hologram enables it to reproduce to a large quantity.

[0048] Moreover, it also becomes possible to express the stereoscopic model of an animation by displaying the calculated hologram pattern with devices which can be modulated in the real time, such as a sound optical element and a liquid crystal device. In the application as which the rapidity of such count is required especially, the effectiveness of this invention is dramatically

large.
[0049]

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The explanatory view showing the relation of the image formation location of the display image and parallax subject copy at the time of playback of the computer hologram concerning an example of this invention.

[Drawing 2] The explanatory view showing the relation of the image formation location of the display image and parallax subject copy at the time of playback of the computer hologram concerning the other examples of this invention.

[Drawing 3] The graph showing an example of the relation between the image formation location of a parallax subject copy, and the absolute value of the distance of the Fresnel diffraction.

[Drawing 4] The explanatory view showing the relation of the image formation location of the display image and parallax subject copy at the time of playback of the conventional computer hologram.

[Drawing 5] The explanatory view concerning optical system equivalent to count when producing the element hologram in this invention.

[Translation done.]